

**Electrically rotatable shaft**

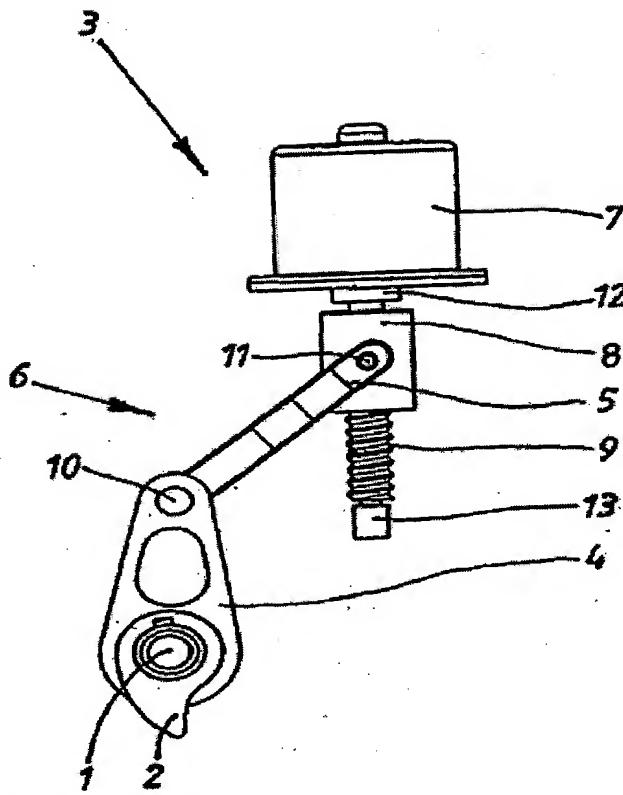
**Patent number:** DE10120450  
**Publication date:** 2002-10-31  
**Inventor:** GRAU ULRICH (DE)  
**Applicant:** INA SCHAEFFLER KG (DE)  
**Classification:**  
 - **international:** F16H21/44; F16H21/20; F01L1/12  
 - **european:** F01L13/00D; F01L13/00D2E  
**Application number:** DE20011020450 20010426  
**Priority number(s):** DE20011020450 20010426

Also published as:

US6615777 (B2)  
 US2002157626 (A1)

Abstract not available for DE10120450  
 Abstract of corresponding document: **US2002157626**

The invention concerns an electrically rotatable shaft, and more particularly, an adjusting shaft (1) of a fully variable mechanical valve train of an internal combustion engine, said shaft comprising an adjusting cam (2). The rapid and exact rotation of the adjusting shaft (1) that is required for the fully variable valve train is achieved by the fact that the valve train comprises an actuator (3) that comprises an adjusting lever (4) connected rotationally fast to the adjusting shaft (1), and the free end of the adjusting lever is articulated through a forked lever (5) on a screw nut ((8) of a screw-and-nut drive (6) that is driven by an electromotor (7)



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 101 20 450 A 1**

(51) Int. Cl. 7:  
**F 16 H 21/44**  
F 16 H 21/20  
F 01 L 1/12

P03ATS009 DE

(21) Aktenzeichen: 101 20 450.7  
(22) Anmeldetag: 26. 4. 2001  
(43) Offenlegungstag: 31. 10. 2002

(71) Anmelder:  
INA-Schaeffler KG, 91074 Herzogenaurach, DE

(72) Erfinder:  
Grau, Ulrich, Dr.-Ing., 91448 Emskirchen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

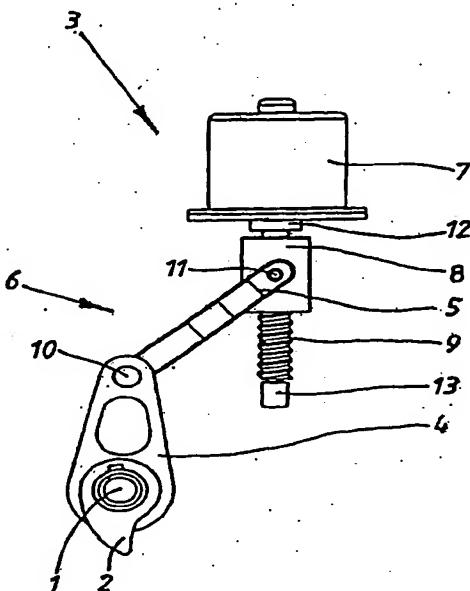
DE 25 39 510 C3  
DE 198 32 382 A1  
DE 39 23 927 A1  
DE 200 20 112 U1  
DD 1 18 157 A

JP 2000073719 A, In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Elektromotorisch verdrehbare Welle

(55) Die Erfindung betrifft eine elektromotorisch verdrehbare Welle, insbesondere eine Verstellwelle (1) eines vollvariablen, mechanischen Ventiltriebs eines Verbrennungsmotors, die einen Verstellnocken (2) aufweist. Die für den vollvariablen Ventiltrieb erforderliche schnelle und exakte Verdrehung der Verstellwelle (1) wird dadurch erreicht, dass ein Aktuator (3) vorgesehen ist, der einen mit der Verstellwelle (1) drehfest verbundenen Verstellhebel (4) aufweist, dessen freies Ende über einen Gabelhebel (5) in gelenkiger Verbindung mit vorzugsweise der Gewindemutter (8) eines durch einen Elektromotor (7) angetriebenen Spindeltriebs (6) steht.



DE 101 20 450 A 1

DE 101 20 450 A 1

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektromotorisch verstellbare Welle, insbesondere nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

## Hintergrund der Erfindung

[0002] Die Vorteile einer drosselklappenfreien Laststeuerung von Ottomotoren durch vollvariable Einlassventilsteuerungen sind bekannt. Durch die Entdrosselung gelingt es, die ansonsten über weite Lastzustände des Verbrennungsmotors auftretenden Drosselverluste auszuschalten. Das wirkt sich positiv auf die Höhe des Kraftstoffverbrauchs und des Motordrehmoments aus.

[0003] Bei variablen mechanischen Ventiltrieben soll die Hubeinstellung der einlassseitigen Ladungswechselventile möglichst spontan, exakt und mit hoher Verstellgeschwindigkeit erfolgen. Als Verstellmechanismus dient dabei eine Verstellwelle mit Rastkurven oder Exzenter.

[0004] Je nach System und konstruktiver Ausführung sind zur Einstellung des gewünschten Ventilhubs und somit zur entsprechenden Verdrehung der Verstellwelle erhebliche Betätigungsabstände nötig. Diese sind eine Folge der auf die Verstellwelle wirkenden Reaktionskräfte des Ventiltriebs. Bei einer Verstellung in Richtung hohen Ventilhubs muss die Verstellwelle gegen die Reaktionskräfte des Ventiltriebs bewegen werden. Dabei treten aufgrund der oszillierenden Bewegung der Ladungswechselventile stark schwankende Drehmomente auf.

[0005] Für eine optimale Funktion des Ventiltriebs ist eine spielfreie und äußerst steife Abstützung der Verstellwellenmomente erforderlich. Davon hängt die Positioniergenauigkeit und die Funktion eines voll variablen Ventiltriebs sowie die Regelbarkeit eines mit diesem System ausgestatteten Verbrennungsmotors ab. Dabei sollten die Verstellzeiten von minimalem auf maximalen Hub weniger als 300 Millisekunden betragen.

[0006] Der Leistungsbedarf des elektrischen Antriebs der Verstellwelle darf das Bordnetz nicht zu stark beladen. Deshalb sind kleine, schnell laufende Elektromotoren in Verbindung mit Getrieben von hohem Übersetzungsverhältnis anzustreben.

[0007] Als denkbare Lösung dafür kommen Schneckengetriebe in Frage. Diese besitzen jedoch einen schlechten Wirkungsgrad und sind anfällig gegen Verschleiß, der wiederum Spiel verursacht. Außerdem haben Schneckengetriebe einen eng begrenzten Übersetzungsbereich. Vorstellbar sind auch hydraulische Versteller, ähnlich den Nockenwellenverstellern, die als Flügelzellen- oder Drehflügel- oder als stellzahnte Versteller ausgebildet sein können. Ihre Funktion hängt jedoch stark von dem Schmieröldruck ab, der wiederum von der Schmieröltemperatur und von einem laufenden Verbrennungsmotor abhängt.

[0008] Ihre Verstelldynamik und ihre Steifigkeit sind gering.

[0009] Eine weitere Lösung stellen rotatorische Getriebe dar, deren Wirkungsgrad jedoch niedrig und deren Verdrehspiel groß sind.

## Aufgabe der Erfindung

[0010] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen möglichst steifen, spiel- und reibungsfreien sowie kompakten Aktuator für die Verstellwelle eines voll variablen, mechanischen Ventiltriebs eines Verbrennungsmotors

zu schaffen.

## Zusammenfassung der Erfindung

- 5 [0011] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Die Verbindungen von Verstellhebel und Verstellwelle sowie von Verstellhebel und Gabelhebel sowie von Gabelhebel und Spindelmutter mit ihrer Gewindespindel sind weitgehend spielfrei und sehr steif. Dadurch wird eine hohe Positioniergenauigkeit und in Verbindung mit einem geringen Reibverlust eine kurze Verstellzeit bei relativ niedrigem Drehmoment des Elektromotors und geringer Bordnetzbelastung erreicht.
- 10 [0012] Der Elektromotor treibt bei vorliegendem Spindeltrieb die Gewindespindel an, jedoch ist auch eine Lösung mit angetriebener Spindelmutter möglich.
- 15 [0013] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass der Gabelhebel und die Spindelmutter zwei sie gelenkig verbindende andere Lagerbolzen mit einer gemeinsamen Achse aufweisen, die durch die Mitte und die Achse der Spindelmutter verläuft.
- 20 [0014] Die beiden Gelenke und ihre symmetrische Anordnung bewirken eine symmetrische, biegemomentarne Belastung des Gabelhebels und der Spindelmutter. Außerdem ermöglicht der Gabelhebel in Verbindung mit dem Verstellhebel eine optimale Drehfixierung der Spindelmutter.
- 25 [0015] Es bietet Vorteile, dass eine Elektromotorwelle und eine Gewindespindel einstückig ausgebildet sind. Dadurch erhält sich eine Kupplung zwischen Elektromotor und Gewindespindel, was zu einem einfachen, kompakten Aktuator hoher Steifigkeit führt.
- 30 [0016] Wegen der von der Spindelmutter auf die Gewindespindel ausgeübten Seitenkräfte ist es erforderlich, dass die Gewindespindel an ihrem freien Ende zusätzlich zu den Lägern der Elektromotorwelle ein Stützlager aufweist.
- 35 [0017] Eines der Lager ist als Festlager ausgebildet und zwar als Rillen-, oder Schräg- oder Vierpunktlagern, während die Loslager vorzugsweise Nadellager sind.
- 40 [0018] Von Vortcil ist, dass der Gewindetrieb vorzugsweise als Kugelgewindetrieb mit Vorspannung und Kugelumlenkung ausgebildet ist, die auf der querkraftfreien Seite der Spindelmutter angeordnet ist. Die durch die Kugeln erzielte geringe Reibung hat trotz hoher Verstellgeschwindigkeit eine geringe Belastung des Bordnetzes zur Folge und erlaubt die Verwendung relativ drehmomentschwacher Elektromotoren.
- 45 [0019] Das durch die Vorspannung erzielte geringe Spiel des Aktuators ist Voraussetzung für eine genaue Positionierung der Verstellwelle und damit für eine genaue Einstellung des Ventilhubs.
- 50 [0020] Die Vorspannung wird durch entsprechendes Übermaß der Kugeln erreicht. Anstelle der Kugeln können auch Rollen verwendet werden.
- 55 [0021] Die auf der querkraftfreien Seite der Spindelmutter angeordnete Kugelumlenkung bewirkt eine störungsfreie Rückführung der Kugeln.
- 60 [0022] Dadurch, dass das Übersetzungsverhältnis zwischen Elektromotor und Verstellwelle durch die Längen des Verstellhebels und des Gabelhebels sowie durch die Steigung und Anstellung der Gewindespindel bestimmt ist, lässt sich ein großes Übersetzungsverhältnis einstufig erreichen. Die dabei möglichen Wirkungsgrade sind deutlich höher als bei mehrstufigen rotatorischen Getrieben oder bei Schneckengetrieben. In erwünschter Weise steigt das Verstellmoment durch die Hebelgeometrie zum Ende der Verstellung stark an, während das Drehmoment des Elektromotors gleichzeitig gegen Null tendiert.
- 65 [0023] Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht

darin, dass der Aktuator in beliebiger Längs- und Winkel-  
lage an der Verstellwelle anbaubar ist. Auf diese Weise kann  
die Lage des Aktuators den Einbauverhältnissen des Ver-  
brennungsmotors optimal angepasst werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus  
der folgenden Beschreibung und der Zeichnung, in der ein  
Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt  
ist.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine Seitenansicht des Aktuators in Achs-  
richtung der Verstellwelle gesehen;

[0027] Fig. 2 eine Seitenansicht des Aktuators quer zur  
Verstellwelle.

#### Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Die Fig. 1 und 2 zeigen eine Verstellwelle 1 mit  
Verstellnocken 2 für einen nicht dargestellten vollvariablen,  
mechanischen Ventiltrieb eines Ottomotors und einen Ak-  
tuator 3 für die Verstellwelle 1.

[0029] Der Aktuator 3 weist einen Verstellhebel 4, einen  
Gabelhebel 5, einen Spindeltrieb 6 und einen Elektromotor  
7 auf. Der Spindeltrieb 6 besteht aus einer Spindelmutter 8  
mit einer darin geführten Gewindespindel 9.

[0030] Der Verstellhebel 4 ist mit der Verstellwelle 1 ver-  
drehfest verbunden. Das gegabelte Ende des Verstellhebels  
4 ist über einen Lagerbolzen 10 mit dem Gabelhebel 5 ver-  
bunden.

[0031] Der Gabelhebel 5 und die Spindelmutter 8 weisen  
zwei sie gelenkig verbindende andere Lagerbolzen 11 mit  
einer gemeinsamen Achse auf, die durch die Mitte und die  
Achse der Spindelmutter 8 verläuft. Auf diese Weise ist die  
Spindelmutter 8 gegen Verdrehen gesichert.

[0032] Die Gewindespindel 9 und eine Elektromotor-  
welle 12 sind einstückig ausgebildet. Dadurch entfällt eine  
sonst erforderliche Kupplung zwischen Gewindespindel 9  
und Elektromotorwelle 12, wodurch sich eine kompakte,  
steife und einfache Bauform des Aktuators 3 ergibt.

[0033] Die Elektromotorwelle 12 weist zwei Lager und  
die Gewindespindel 9 ein zusätzliches Stützlager 13 auf.  
Letzteres ist wegen der von dem Gabelhebel 5 über die  
Spindelmutter 8 auf die Gewindespindel 9 übertragenen ho-  
hen Querkräfte erforderlich. Alle drei Lager sind zylinder-  
kopffest angeordnet und eines davon ist als Festlager ausge-  
bildet.

[0034] Zur Minimierung des Spiels im Mechanismus kann  
der Spindeltrieb vorgespannt ausgeführt werden. Die Vor-  
spannung kann z. B. durch Wälzkörper mit Übermaß er-  
reicht werden. Es sind Spindeltriebe als Kugelgewinde-  
oder Rollengewindetrieb möglich. Kugelumlenkungen oder  
unter Umständen vorhandene Rücksetzvorrichtungen beim  
Rollengewindetrieb sollten auf der von der Querkraft abge-  
wandten Seite der Spindelmutter liegen.

[0035] Die geringe Reibung erlaubt die Verwendung eines  
drehmomentschwachen Elektromotors 7, der das Bordnetz  
nur geringe belastet.

[0036] Das Übersetzungsverhältnis zwischen dem Elek-  
tromotor 7 und der Verstellwelle 1 ist durch die Längen des  
Verstellhebels 4 und des Gabelhebels 5 sowie durch die Stei-  
gung und Anstellung der Gewindespindel 9 bestimmt. Mit  
diesen relativ einfachen und damit kostengünstigen mechan-  
ischen Bauelementen kann ein hohes Untersetzungsver-  
hältnis zwischen dem Elektromotor 7 und der Verstellwelle  
1 erzielt werden. Dies gilt besonders für die Endfase der  
Verstellbewegung, in der der Gabelhebel 5 in etwa senkrecht

zur Gewindespindel 9 steht und dabei ein hohes Überset-  
zungsverhältnis bewirkt und gleichzeitig ein niedriges An-  
triebsmoment erfordert.

[0037] Der Aktuator 3 kann in beliebiger Längs- und Win-  
kellage an der Verstellwelle 1 angebaut und so den Einbau-  
bedingungen des Verbrennungsmotors angepasst werden.

[0038] Der erfindungsgemäße Aktuator funktioniert fol-  
gendermaßen:

Die vom Elektromotor 7 direkt angetriebene Gewindespindel 9 treibt ihrerseits die Spindelmutter 8 an, die durch den Gabelhebel 5 und den Verstellhebel 4 gegen Verdrehen gesic-  
hert ist. Dadurch wird die Drehbewegung der Gewindespindel 9 in eine translatorische Bewegung der Spindelmutter 8 und diese durch den Gabelhebel 5 und den Verstellhe-  
bel 4 in eine Verdrehbewegung der Verstellwelle 1 gewan-  
det. Dabei erreicht die Verstellkraft im Bereich des unteren  
Totpunkts der Spindelmutter 8 ihr Maximum, während das  
Antriebsmoment der Spindelmutter 8 auf Null fällt.

[0039] Der erfindungsgemäße Aktuator 3 zeichnet sich  
durch einfache, steife und kompakte Bauweise aus. Durch  
geringes Spiel erreicht er hohe Positioniergenauigkeit und  
durch geringe Reibung hohe Verstellgeschwindigkeit bei  
niedriger Bordnetzbelastung.

#### Bzugszahlen

- 1 Verstellwelle
- 2 Verstellnocken
- 3 Aktuator
- 4 Verstellhebel
- 5 Gabelhebel
- 6 Spindeltrieb
- 7 Elektromotor
- 8 Spindelmutter
- 9 Gewindespindel
- 10 Lagerbolzen
- 11 anderer Lagerbolzen
- 12 Elektromotorwelle
- 13 Stützlager

#### Patentansprüche

1. Elektromotorisch verdrehbare Welle, insbesondere  
eine Verstellwelle (1) eines vollvariablen, mechani-  
schen Ventiltriebs eines Verbrennungsmotors, die einen  
Verstellnocken (2) aufweist, dadurch gekennzeich-  
net, dass zum Drehen der Verstellwelle (1) ein Ak-  
tuator (3) vorgesehen ist, der einen mit der Verstell-  
welle (1) drehfest verbundenen Verstellhebel (4) auf-  
weist, dessen freies Ende über einen Gabelhebel (5) in  
gelenkiger Verbindung mit vorzugsweise der Spindel-  
mutter (8) eines durch einen Elektromotor (7) angetrie-  
benen Spindeltriebs (6) steht.
2. Elektromotorisch verdrehbare Welle nach Anspruch  
1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gabelhebel (5)  
und die Spindelmutter (8) zwei sie gelenkig verbin-  
dende andere Lagerbolzen (11) mit einer gemeinsamen  
Achse aufweisen, die durch die Mitte und die Achse  
der Spindelmutter (8) verläuft.
3. Elektromotorisch angetriebene Welle nach An-  
spruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Elektro-  
motorwelle (12) und eine Gewindespindel (9) einstük-  
ig ausgebildet sind.
4. Elektromotorisch angetriebene Welle nach An-  
spruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gewinde-  
spindel (9) an ihrem freien Ende zusätzlich zu den La-  
gern der Elektromotorwelle (12) ein Stützlager (13)  
aufweist.

5

5. Elektromotorisch angetriebene Welle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eines der Lager als Festlager ausgebildet ist.

6. Elektromotorisch angetriebene Welle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Festlager als Rillen- oder Schräkgugel- oder Vierpunkt-Lager und die Loslager vorzugsweise als Nadellager ausgebildet sind.

7. Elektromotorisch angetriebene Welle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewindetrieb (6) vorzugsweise als Kugelgewindetrieb mit Vorspannung und einer Kugelumlenkung ausgebildet ist, die auf der querkraftfreien Seite der Spindelmutter (8) angeordnet ist.

8. Elektromotorisch angetriebene Welle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Übersetzungsverhältnis zwischen Elektromotor (7) und Verstellwelle (1) durch die Längen des Verstellhebels (4) und des Gabelhebels (5) sowie durch die Steigung und Anstellung der Gewindespindel (9) bestimmt ist.

9. Elektromotorisch angetriebene Welle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (3) in beliebiger Längs- und Winkellage an der Verstellwelle (1) anbaubar ist.

5

10

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

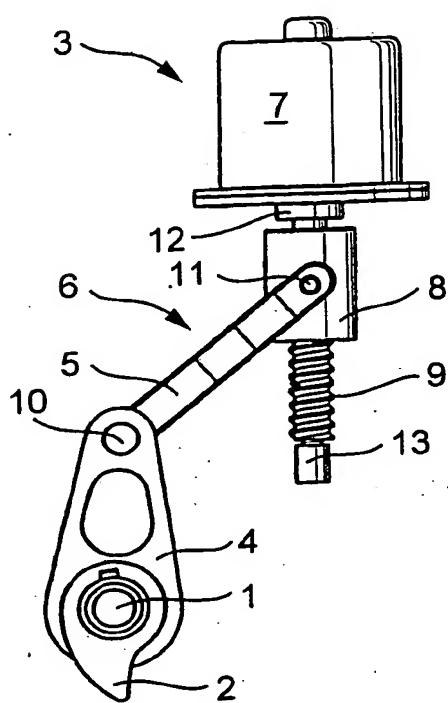


Fig. 1

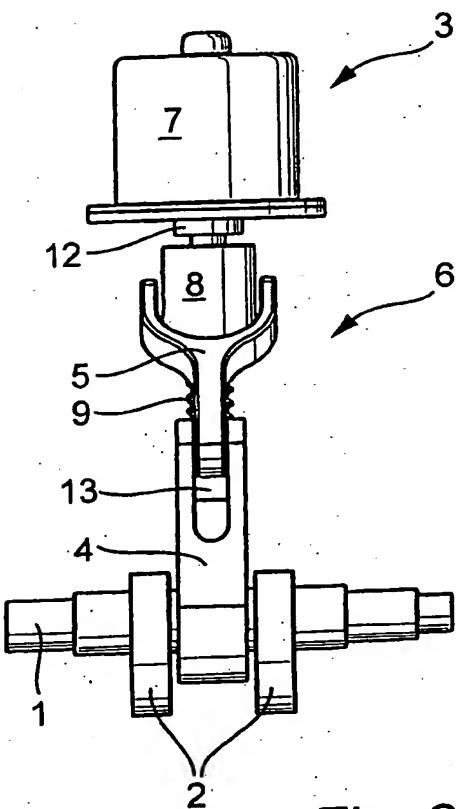


Fig. 2